

令和2年5月14日 14:45—16:15

大学院生(保健科学院、医理工学院)

保健科学研究院部局講習

放射線業務従事者に対する教育訓練 更新講習

受講カードを hokudaikatoh@gmail.com へ
メールで提出すること。

放射線取扱主任者 加藤千恵次

放射線の人体に与える影響

RI又は放射線発生装置の安全取扱

RI及び放射線発生装置による

放射線障害の防止に関する法令

放射線障害予防規程

放射線障害防止法 は、令和元年9月に
放射性同位元素等の規則に関する法律
へ改称され、内容も一部変更された。

第二十一条の二 （教育訓練）

- 一 初めて管理区域に立ち入る者及び
取扱等業務に従事する者に、次に定める
教育及び訓練を行うこと。
- 二 放射線業務従事者に対する教育及び
訓練は、初めて管理区域に立ち入る前
及び管理区域に立ち入った後は一年を超
えない期間ごとに行わなければならない。

放射線業務従事者(一時立入り者)への 注意事項

放射線管理区域においては、

飲食禁止です。禁煙です。

軽食や菓子類、

ペットボトル飲料や缶コーヒー等の
持ち込みをしないようお願いします。

放射性同位元素等の規則に関する法律 施行規則 (放射性同位元素等による放射線障害の防止に 関する法律施行規則)

第22条 (健康診断)

1. 放射線業務従事者に対し、
(一時的に管理区域に立ち入る者を除く)
初めて管理区域に立ち入る前に行うこと。
2. 前号の放射線業務従事者については、
管理区域に立ち入った後は
一年を超えない期間ごとに行うこと。

放射線 (Radiation) は、2種類ある。

1. 電磁波 (X線、ガンマ線)

= 空間の振動エネルギー

2. 粒子線 (β 線、電子線、陽子線 など)

= 高速に飛ぶ粒子 (質量をもつ)

X線、ガンマ線より人体への影響が大きい

放射能 (Radio-activity) とは、

1秒間に放出される放射線の数。

放射能の単位は ベクレル (Bq)。

電磁波(X線、ガンマ線、光線、電波など)
は、空間の振動エネルギー。

空間 (Universe) とは何もない所ではない。
空間とは、物理的実在物(構造物)である。
空間構造の振動が、X線、ガンマ線、
可視光線、電波 などの電磁波になる。

電磁波の名称と波長

X線, ガンマ線: 10 ピコ~10ナノ メートル
可視光線 : 400~800 ナノ メートル
マイクロ波: 100 マイクロ~1 メートル

被曝をあらわす単位

吸収線量：1kgの物体が1Jの放射線エネルギーを吸収した被曝は、**1 Gy (グレイ)**。

線量等量：人体が、体重1kgあたりに1Jのエネルギーを受ける被曝量は、**1 Sv**。

1 Sv (シーベルト) = 吸収線量 × 線質係数

線質係数Q：線質の違いによる人体へのエネルギー付与(電離を起こす程度)を表す指標。

Q=1 : X線、 γ 線、 β 線,

Q=10 : 陽子線 **Q=20** : α 線、多重荷電粒子

実効線量当量 (単位 Sv)

各組織の障害の感受性(組織加重係数)を線量当量にかけて算出した局所被曝量。

組織加重係数とは、

遺伝的影響、致死ガンリスクを考慮して決められた値

卵巣・睾丸 0.25、 乳腺 0.15、 肺 0.12

赤色骨髄 0.12、 甲状腺 0.03、 骨 0.03

被曝は2種類ある。

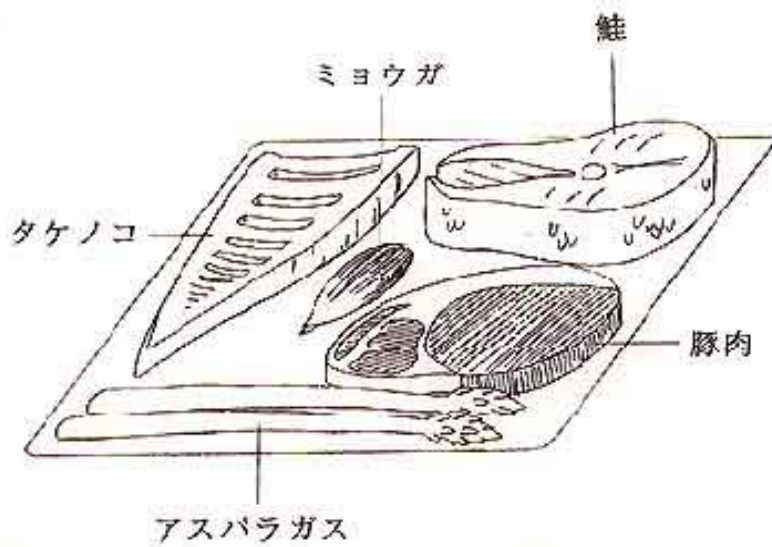
1. 外部被曝 (external exposure、体外被曝)

人体の外にある放射性物質,放射線発生装置から受ける被曝。

2. 内部被曝 (internal exposure 体内被曝)

放射性同位元素RI を吸入または経口摂取し、体内のRIから受ける被曝。

放射性物質取扱作業室ではRIの吸入、経口摂取の危険を避けるため 飲食、喫煙は禁止。



食品中の放射能

主に ^{40}K (カリウム) の
ベータ線 (電子) とガンマ線。

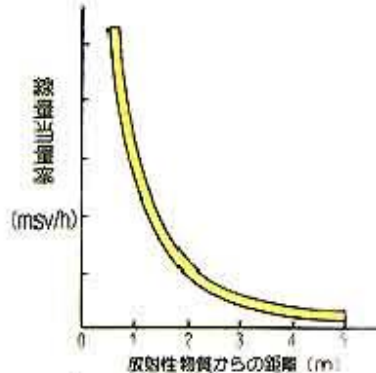
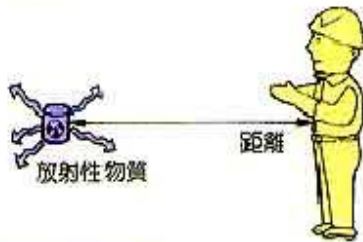
^{40}K の存在比は 0.012%、
半減期は 12 億年。

カリウムは、すべての生物
(野菜や肉、魚など) の
細胞内液の主成分であり、
その 10000 分の 1 が
放射性カリウムである。

放射線防護の基本

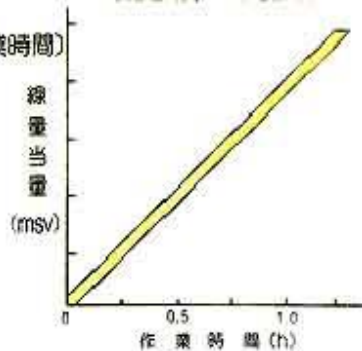
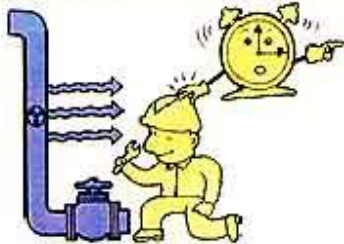
● 距離による防護

(線量当量率) $\propto 1/(\text{距離})^2$

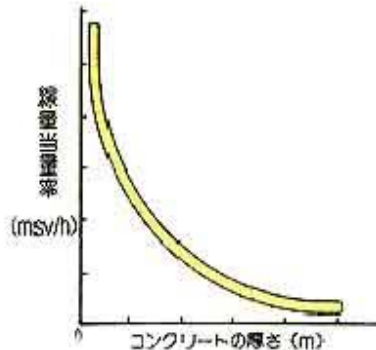
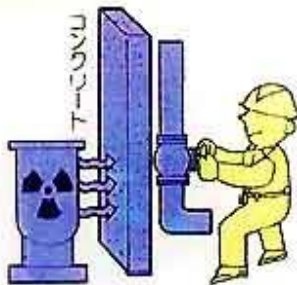


● 時間による防護

(線量当量) = (作業場所の線量当量率) $\times$ (作業時間)



● 遮蔽による防護



外部被曝を減らすための3原則

距離:

放射線源に近づかない

時間:

放射線源に近づく時間を減らす

遮蔽:

放射線源との間に遮蔽物を置く

対象による被曝の区分

放射線防護の観点から被曝は三つに分類。

1. 職業被曝 Occupational exposure

実習や仕事上での被曝

2. 公衆被曝 Public exposure

一般公衆の実効線量限度は、 $1\text{mSv}/\text{年}$ 。

3. 医療被曝 Medical exposure

病気診断や治療のための意図的な被曝。
線量限度はない。患者介護者の被曝や
研究目的のボランティア被曝も医療被曝。

職業被曝 Occupational exposure

放射線業務従事者または放射線診療従事者が、業務の過程で受ける被曝。職業被曝に対する防護の責任は、事業者と作業員自身にあり、職業被曝をする人々は被曝管理、健康管理、定期的な教育・訓練を受けることなどが義務づけられている。被曝線量に対しては、法令で線量限度が決められており、放射線業務従事者はサーベイメーターなどを装着し、線量限度を超えないようにしなければならない。

職業被曝の線量限度 Dose limit

実効線量限度 Effective Dose limit

男性 100 mSv/5年 (50 mSv/年)
(緊急 100 mSv)

女性 5 mSv/3月

妊婦 内部被曝 1mSv/出産まで

等価線量限度 Equivalent Dose limit

水晶体 150 mSv/年 (緊急 300 mSv)
(今後、100mSv/5年かつ50mSv/年に改正予定)

皮膚 500 mSv/年 (緊急 1000 mSv)

妊婦腹部表面 2mSv/出産まで

妊婦は、妊娠中の内部被曝量および腹部表面の外部被曝量を記録する必要があるので、

妊娠が判明した場合は、
速やかに放射線取扱主任者
(堤香織 または 加藤千恵次 または
杉森博行 または 石川正純)
へ連絡を下さい。

放射線被曝は、250mSv から危険。

10 mSv 以下 無害

100 mSv 以下 発癌増加は統計上なし。

(100 mSv 以下は確率的影響なし。)

100 mSv 胎児死亡の危険性あり

150 mSv 胎児奇形の危険性あり

250 mSv リンパ球減少、免疫低下

(250 mSv 以上は非確率的影響あり。)

(皮膚紅斑、脱毛、白内障など)

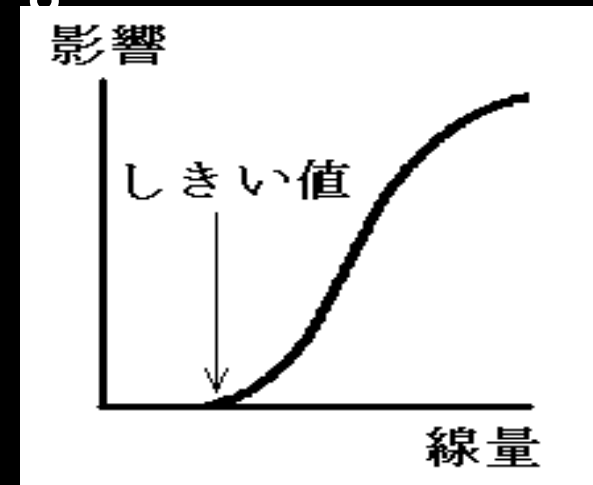
しきい値のある障害(非確率的、確定的影響)

No-stochastic effects

細胞死が多量に生じない線量では、生存している細胞が組織や臓器の機能を代償し、症状として現れない。

非確率的影響は、**しきい値**以下の被曝線量で割れば障害(症状)は発生しない。

白内障(水晶体上皮細胞の損傷、繊維化)、
皮膚、生殖細胞、骨髄細胞の損傷など



- 各組織の急性障害（0.25～5 Sv 程度の被曝）
250 mSv 以下の被曝では症状は出ない。

白血球減少	250～1000	mSv
（被曝 1～2週で減少。リンパ球は 3ヶ月で回復。）		
脱毛	1000 ～3000	mSv
永久脱毛	3000 ～5000	mSv
皮膚紅斑	3000	mSv
水晶体混濁	2000	mSv
女子一時不妊	650～1500	mSv
男子一時不妊	1500	mSv

胎児の被曝障害

受精～1週目 胚死亡 50～100 mSv

1週～8週目 奇形 100～150 mSv
(1週～8週目は器官形成期)

8週～15週 精神発達遅延 200 mSv
(8週～15週は神経組織形成期)

原爆被曝者の調査では、胎児被曝による奇形や小児癌増加は確認されていない。

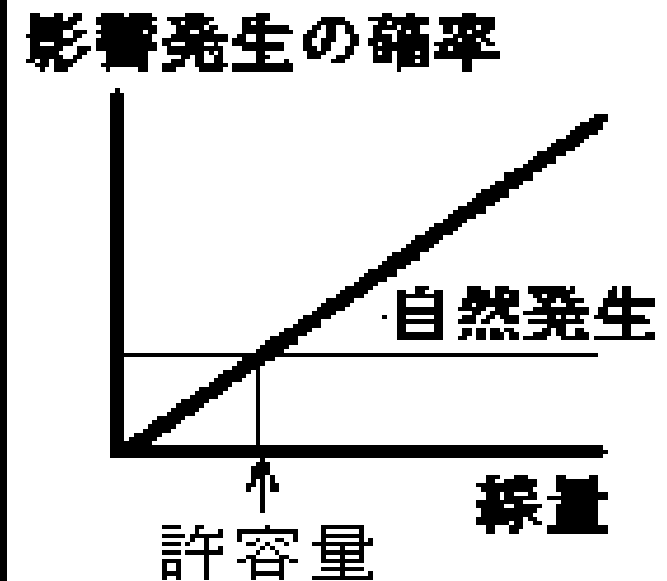
しきい値のない障害(確率的影響)

stochastic effects

突然変異細胞がたとえ1個でも発生すれば、
発癌や遺伝的影響の可能性が生じる。

被曝線量が増えると影響発現の確率は
増加する。

確率的影響は、低線量被曝
に対しても安全を保障でき
ないことを意味する。



放射線検査による患者の被曝(mSv)

核医学検査

骨シンチ 6 (胎児 4)

PET / CT 7 (胎児 3)

CT 7 ~ 50

血管造影 7 ~ 10 (1分で皮膚 0.5)

胃、消化管造影 3

単純X線撮影 0.1 (胸部) 0.2 (骨盤)

保健科学研究所 1階 放射線施設 管理区域

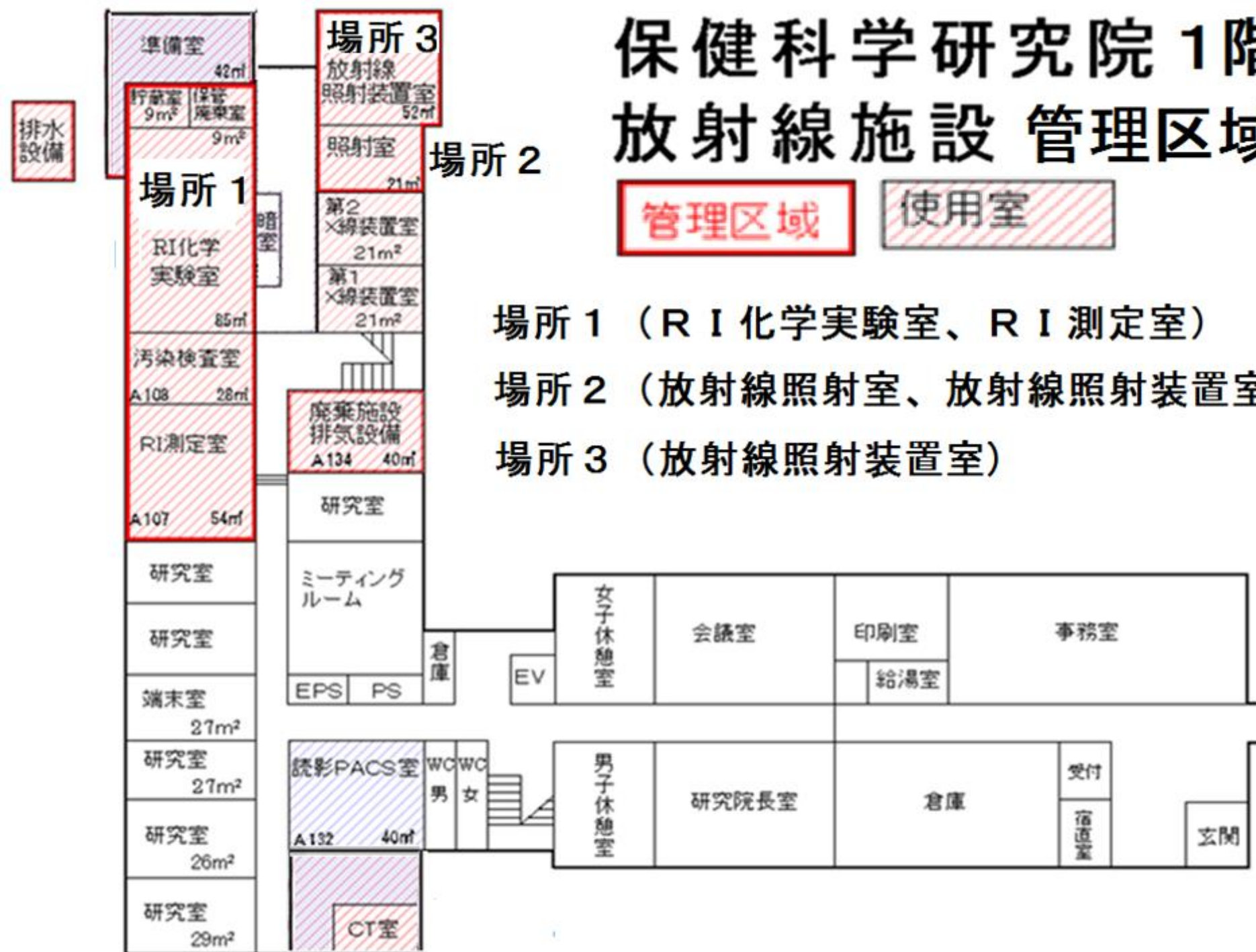
管理区域

使用室

場所 1 (R I 化学実験室、R I 測定室)

場所 2 (放射線照射室、放射線照射装置室)

場所 3 (放射線照射装置室)



管理区域とは、実効線量が、**3月間につき
1.3ミリシーベルトを超える**おそれのある所

医療法施行規則 第30条の16
(**管理区域**)

病院又は診療所の管理者は、病院又は診療所内における**管理区域**に、管理区域である旨を示す**標識**を付さなければならない。

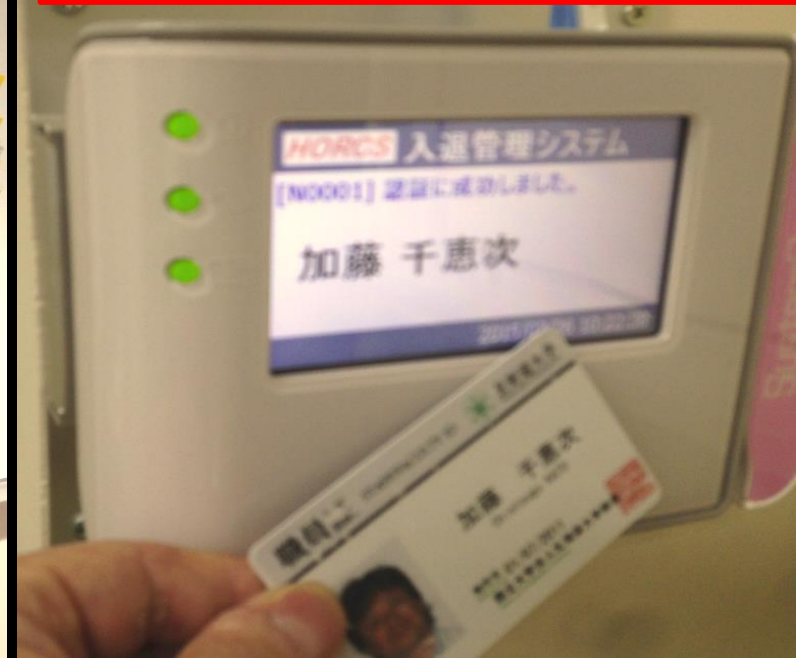
病院又は診療所の管理者は、前項の管理区域内に**人がみだりに立ち入らないような措置**を講じなければならない。

汚染検査室 入口（RI化学実験室入口）

ルミネスバッジを装着。

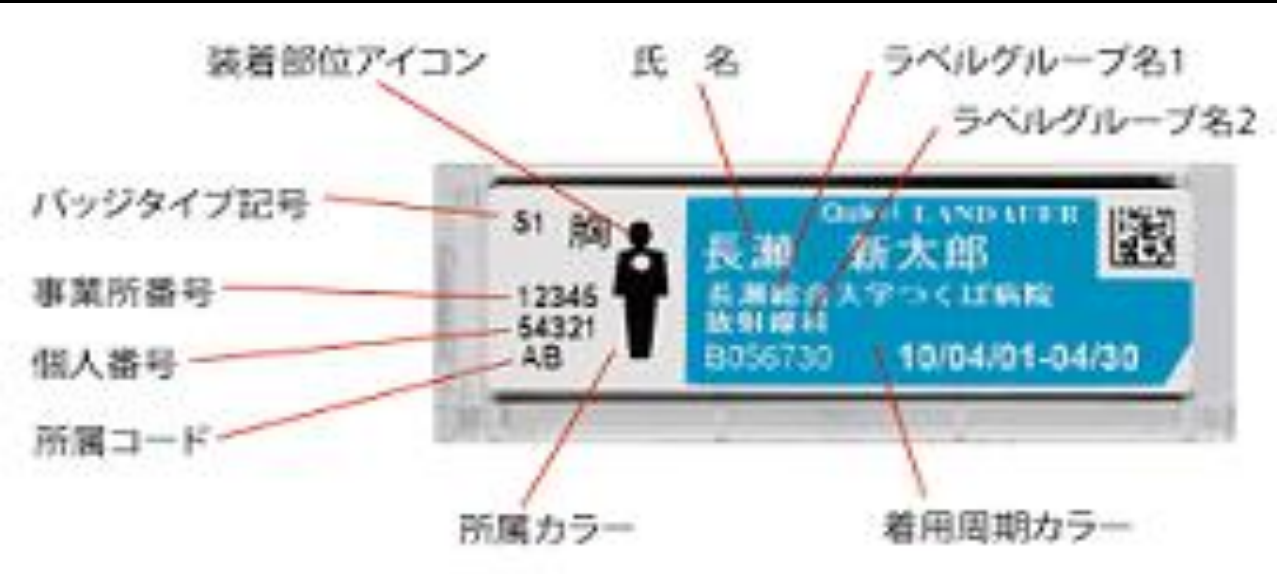


病院実習中も、
ルミネスバッジは
月末に必ずここへ返却。

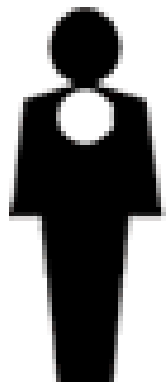


ガラスバッジ、ルミネスバッジ

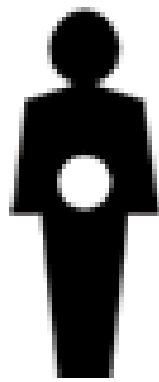
X, γ , β 線が同時に測定できる光刺激ルミネッセンス
線量計 (OSL: Optically Stimulated Luminescence)。



ルミネスバッジ
は、
プロテクタの
内側に装着。



胸



腹

装着部位は、女性**は腹部**、
男性は胸部。
(組織加重係数の大きい
臓器分布の違いによる)

毎月の月末に全員のルミネスバッジを回収し、測定業者に郵送し、毎月の外部被ばく線量を計測、記録している。

月末には、必ずルミネスバッジをRI化学実験室入口のバッジ置場に戻すこと。

特に、4年生の病院実習期間は要注意。
戻し忘れ、バッジの紛失が多い。

本州等へ病院実習や研究などでバッジを持って飛行機に乗る際は、空港X線検査装置にバッジを通さないように申告する。

ポケット線量計

Pocket Dosimeter

半導体検出器(CdTe)が使われている。

リアルタイムで線量が μSv 単位で表示される(直読式)ので、一時立入者に有効。

一時立入者には、 **$100 \mu\text{Sv}$** 以上の被曝をさせないようにする。

見学者、メンテナンス業者、清掃業者など。



汚染検査室内で 専用の白衣とスリッパを着用



奥の実験室へ入る際は、黄色スリッパに履き替える。(履物底にRI汚染があっても、ここで床の汚染が止められる。) ハンドフットクロスモニタで手やスリッパ底などの汚染検査を行う。

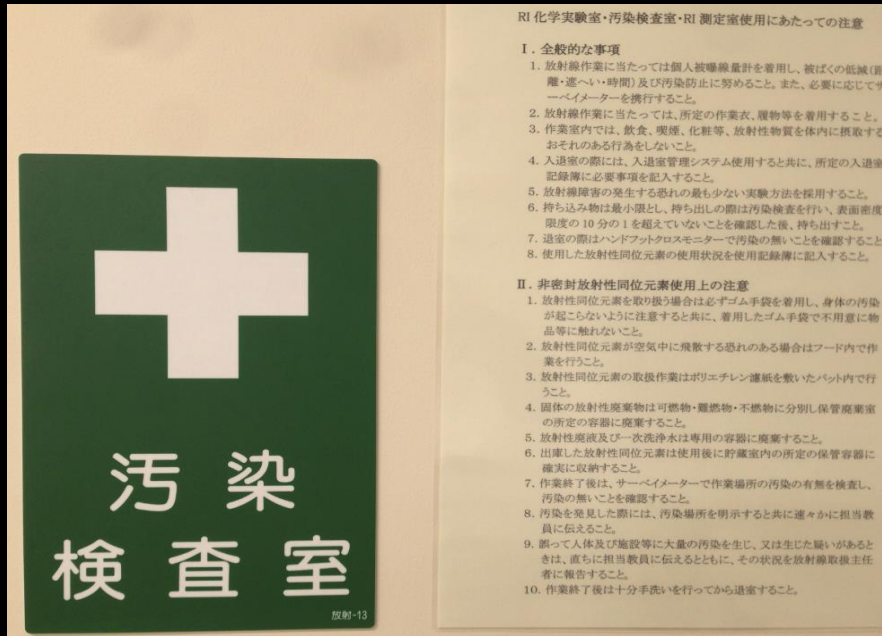
管理区域から退出する際は、
ハンドフットクロスモニタで、
手足(靴、スリッパ)、作業衣等
に汚染がないことを検査する。

履物は脱がずに汚染検査する

万一、手足(靴、スリッパ)等に
放射性汚染が検出された時は、
準備されている除染剤を使っ
て洗浄し、汚染を除去する。



汚染検査室で汚染が確認されたら、洗剤 で手洗い、必要に応じてシャワーを使う。



実験室内での
注意事項が
掲示されている。

RI 化学実験室（汚染検査室の右奥）

（管理区域 場所1）

放射性同位元素
使用室



RI 化学実験室



RI 測定室（汚染検査室の左奥）

（管理区域 場所1）

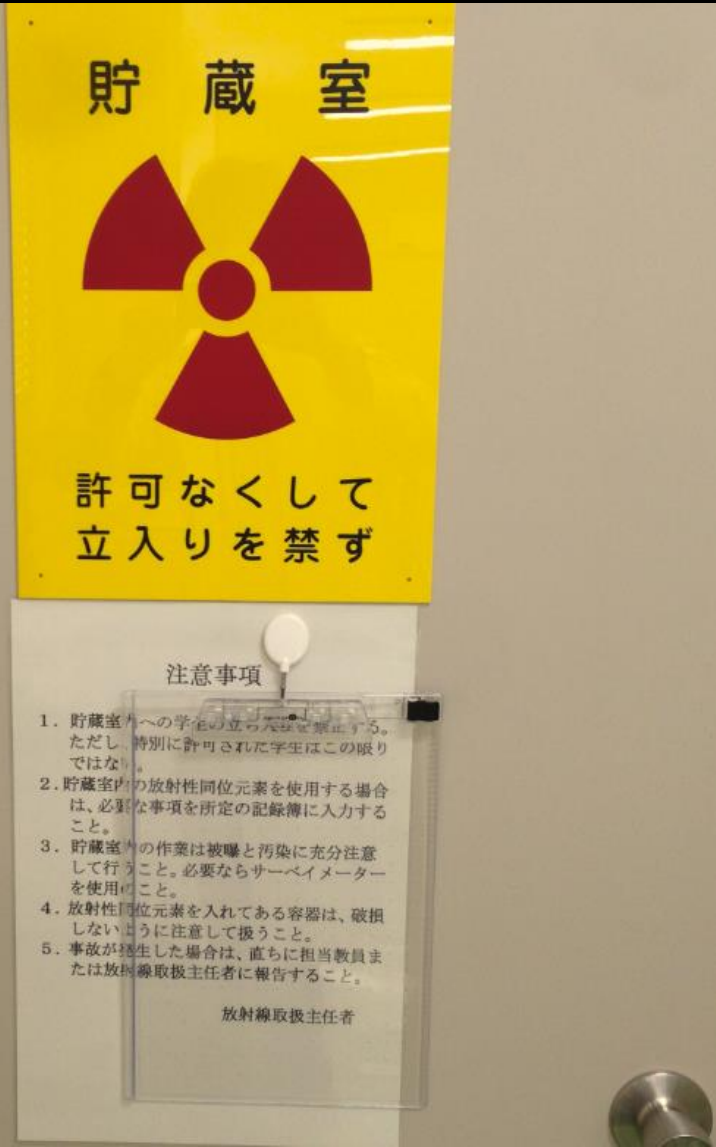


RI使用室内で、気体のRI発生のおそれがある作業は**フード、グローブボックス**等を使用し、**排気設備に連結**して内部の空気を吸引する。室内より陰圧にして、気体RIの拡散を防止。



貯蔵室（RI化学実験室の奥）（管理区域）

密封RI線源が貯蔵されている。



保管廃棄設備（RI 化学実験室の奥）（管理区域）
放射能汚染した廃棄物を、専用のドラム缶に入れて
保管する部屋。汚染廃棄物は、**不燃、難燃、可燃、
液体用の専用ドラム缶**に入れて保管し、日本アイソ
トープ協会に**有料**(1本約5万円)で引取ってもらう。

保管廃棄設備



許可なくして
立入りを禁ず



排水設備（RI化学実験室の南側外）

管理区域排水の貯留、放射能測定、排水。



管理区域
(廃棄施設)



許可なくして
立入りを禁ず

排水設備



許可なくして
立入りを禁ず

放射線照射室（管理区域 場所2）



放射線照射装置室（管理区域 場所3）

コバルト60 を装備した ガンマ線照射装置



放射線照射装置室

放射性同位元素
使用室

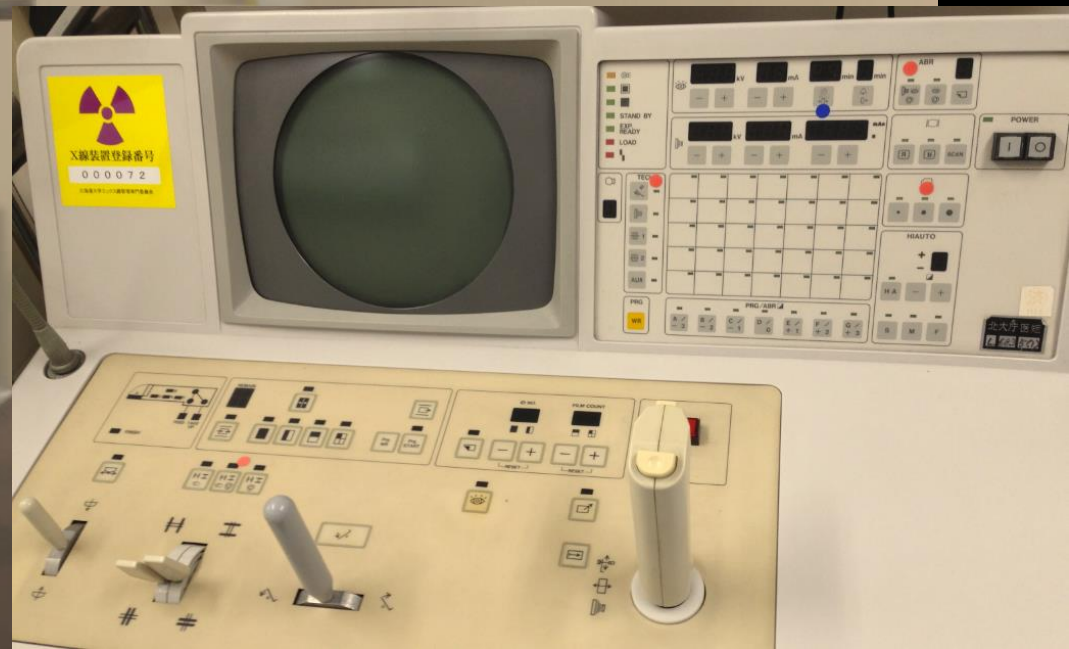


特定放射性同位元素装置
平成31年に撤去した。

第一X線装置室（管理区域ではない）

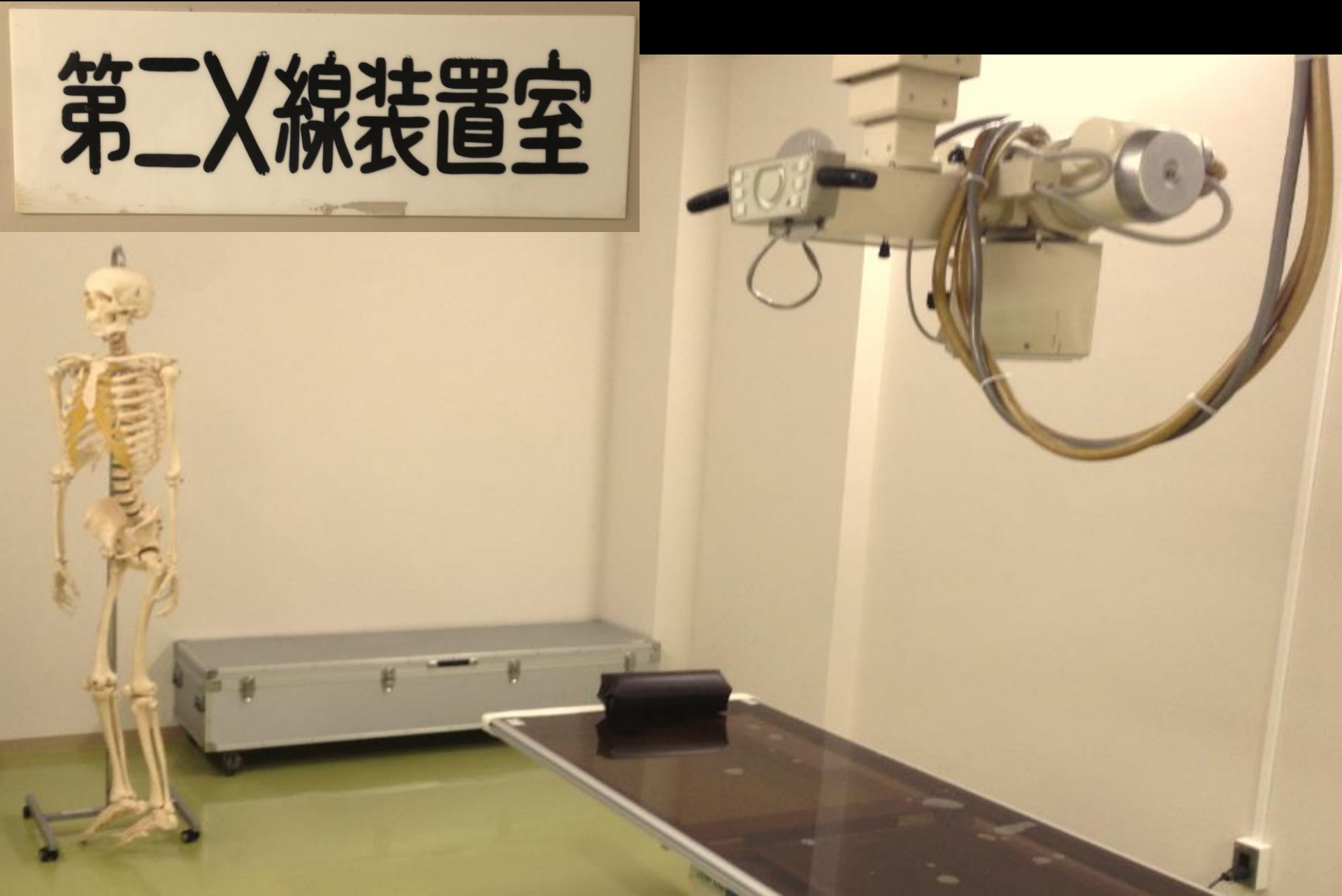


第一X線装置室



第二X線装置室（管理区域ではない）

第二X線装置室



CT室（管理区域ではない）



保健科学研究院の管理区域または使用施設（X線装置室、CT室）で実験を行う場合は（授業実習は除く）**放射線管理区域・使用施設利用計画書**を実験の1週間前までに放射線取扱主任者に提出する必要があります。

使用の場所、年月日、時間、利用責任者（指導教員）、実際の施設利用者（学部学生、修士課程学生のみは不可。博士課程以上の者を含むこと。）使用内容、その他必要事項を記載し、放射線取扱主任者の承認を得てから使用すること。

実験終了後1週間以内に、**放射線管理区域・使用施設利用報告書**を提出すること。

線量測定回数

事業所の開業前に1回

非密封RI、密封RI、診療用RI使用室、
移動式X線発生装置は、1ヶ月に1回。

固定式放射線発生装置、各種使用室、
貯蔵施設、管理区域境界、事業所境界
は、6ヶ月に1回。

排気口、排水口は、その都度測定する。

医療法施行規則 第30条の6

(診療用放射線照射装置使用室)

放射線照射装置
使用室の画壁等は、
その外側における
実効線量が
1週間につき
1ミリシーベルト以下
になるように遮蔽
できるものとする。

作業室

放射線業務従事者が常時立入る場所

線量限度は $1\text{mSv} / \text{週}$

(従事者が年間 50mSv 被曝しないように)

管理区域 $1.3\text{mSv} / 3\text{月}$ をこえるおそれ

病室の線量限度 $1.3\text{mSv} / 3\text{月}$

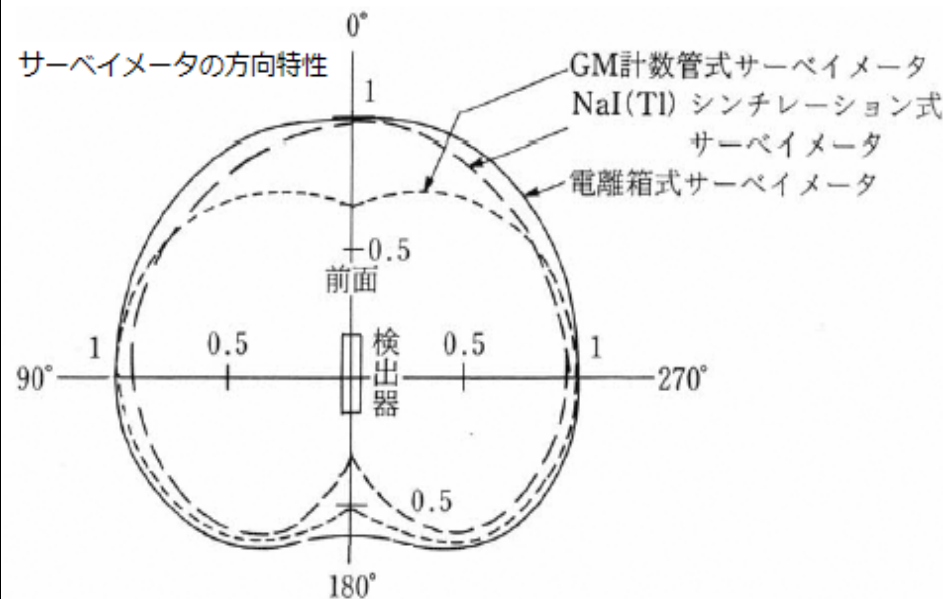
事業所の境界

線量限度は $250\mu\text{Sv} / 3\text{月}$

(部外者が年間 1mSv 被曝しないように)

GM管式サーベイメータ

感度は中等度だが、
 β 線に対して高感度。
検出器窓が大きいので
表面汚染測定に適する。
指向性が悪いので
測定方向に注意。



表面汚染検査 電離放射線障害防止規則

放射線施設内の人が常時立ち入る場所における物の表面密度限度が、 α 線を放出する核種について 4Bq/cm^2 、 α 線を放出しない核種について 40Bq/cm^2 と定められている。

また、管理区域から持ち出される物品は、放射線管理の手を離れ、一般公衆と直接接触する恐れがあることなどから、表面密度限度の $1/10$ （ α 線を放出する核種は 0.4Bq/cm^2 、 α 線を放出しない核種は 4Bq/cm^2 ）を越えるものはみだりに持ち出さない（ $1/10$ 以下であれば良い）。

放射能汚染除去 除染作業 の原則

1. **早く除染**する。 時間経過とともに除染は困難化。
2. 汚染範囲の**拡大防止**。汚染部分の明確化。
除染作業は汚染範囲の外側から内側へ実施。

汚染防護紙は吸水性のある側を表面に敷く。
(汚染液体が拡散する範囲を狭くできる。)
3. **湿式作業**で行う。粉塵吸入(内部被曝)を防ぐ。
4. 除染作業で生じる**放射性廃棄物を少なく**する。

内部被ばく防止の5原則（2 C 3 D の原則）

非密封RI取扱における2 C 3 Dの原則

2 Cの原則

- ①閉じ込め (contain) : RIと人体が直接接触しない
- ②集中化 (concentrate) : RIの分散を防ぎ、集中管理

3 Dの原則

- ①希釈 (dilute) : 可能な限り低濃度で用いる
- ②分散 (disperse) : 換気、廃液の希釈等を行う
- ③除去 (decontaminate) : 放射性汚染の除去を行う

放射線事故対策の3原則

①安全保持の原則

人の生命および身体安全を第一に考え、**人命救助を優先**。

②通報の原則

近くで作業している者に事故が起こったことを知らせる。

火災等現場の状況が危険でない場合、管理担当者の指示を受けてから行動します。危険な状況では、直ちに退避。

③拡大防止の原則

線源の始末や汚染拡大の防止措置を行う。

汚染発生原因を除去し、汚染地点の密閉・閉鎖を行う。

現場への立入禁止、汚染物品の持出禁止を実施。

眼、外傷などの除染措置を行う。

緊急作業時での適切な**保護具を着用**するとともに、

被ばく時間の短縮に努める。